

ANALISIS POLA RETAK PADA STRUKTUR BALOK BETON BERTULANG DENGAN PERBANDINGAN BENTANG GESER

ELFANIA BASTIAN

Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat
elfania_bastian@ymail.com

Abstract: Reinforced concrete beams are one of the structural elements that have an important role in determining the quality of a structure. In the use of reinforced concrete the majority bear bending loads. For this reason, the selection of a reinforced concrete beam design must be calculated efficiently, including the possibility of concrete failure and cracking. In this study the authors conducted an analysis of reinforced concrete beams to determine crack patterns. To obtain the desired results, numerical modeling is carried out with three beams with different shear span comparisons to produce different capacities, namely beam 1 (a/d 1,869) having a load capacity of 234.60 kN, beam 2 (a/d 3,089) of 160.50 kN and beam 3 (4,878) of 102.10 kN. From the results of the analysis using ATENA software data obtained from the crack patterns of each beam. if $2.5 < a/d$ diagonally occur in the sliding region. And conversely $2.5 < a/d < 5$ will have a large bending moment value and the ability to withstand the load will be smaller. The crack pattern is a straight line in the bending region.

Keywords: Reinforced Concrete, Beam Capacity, Sliding Capacity

Abstrak: Balok beton bertulang merupakan salah satu elemen struktur yang memiliki peranan penting dalam menentukan kualitas sebuah struktur. Balok beton bertulang dalam penggunaannya mayoritas memikul beban lentur. Untuk itu pemilihan desain balok beton bertulang harus dihitung dengan efisien termasuk kemungkinan terjadinya kegagalan dan keretakan beton. Dalam penelitian ini penulis melakukan analisis pada balok beton bertulang untuk mengetahui pola retak. Untuk memperoleh hasil yang diinginkan dilakukan permodelan numeric dengan tiga buah balok dengan perbandingan bentang geser yang berbeda sehingga menghasilkan kapasitas yang berbeda yaitu beam 1 (a/d 1,869) memiliki kapasitas beban sebesar 234,60 kN, beam 2 (a/d 3,089) sebesar 160,50 kN dan beam 3 (4,878) sebesar 102,10 kN. Dari hasil analisis menggunakan software ATENA diperoleh data pola retak dari masing-masing balok. jika $a/d \leq 2,5$ retak berbentuk diagonal terjadi pada wilayah geser. Dan sebaliknya $2,5 < a/d < 5$ akan memiliki nilai momen lentur yang besar dan kemampuan menahan beban akan semakin kecil. Pola keretakan berbentuk garis lurus pada wilayah lentur.

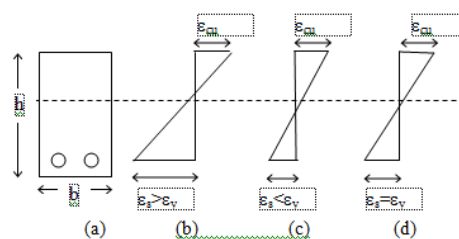
Kata Kunci: Beton Bertulang, Kapasitas Balok, Kapasitas Geser

A. Pendahuluan

Beton Bertulang merupakan salah satu komponen yang paling sering digunakan dalam sebuah struktur. Penggunaan beton bertulang salah satu nya sering dijumpai pada balok. Balok merupakan salah satu komponen struktur yang menahan beban tekan. Sifat beton bertulang yang memiliki kapasitas tekan yang besar menjadi sangat efisien dipilih dalam pembuatan balok. Balok beton bertulang dalam sebuah struktur harus didesain sebaik mungkin, sehingga mampu memikul beban sesuai dengan umur dan kapasitas rencana. Dalam mendesain balok beton bertulang ada beberapa hal yang

harus diperhatikan diantaranya kapasitas, dan pola kerusakan. Hal ini dilakukan untuk mengurangi dampak kegagalan struktur.

Adapun jenis-jenis keruntuhan yang dapat terjadi pada balok beton bertulang seperti yang terlihat pada Gambar 1 adalah sebagai berikut: 1) Keruntuhan Tarik (*Under Reinforced*), jenis tulangan ini terjadi pada balok dengan rasio tulangan kecil (jumlah tulangannya sedikit), sehingga pada saat beban yang bekerja maksimum, baja tulangan sudah mencapai regangan lelehnya sedangkan beton belum hancur (beton belum mencapai regangan maksimumnya = 0.003). Balok dengan kondisi keruntuhan ini bersifat *ductile*; 2) Keruntuhan Tekan (*Over Reinforced*), jenis tulangan ini terjadi pada balok dengan rasio tulangan besar (jumlah tulangannya banyak), sehingga pada saat beban yang bekerja maksimum, baja tulangan belum mencapai regangan lelehnya sedangkan beton sudah hancur (beton sudah mencapai regangan maksimumnya = 0.003). Balok dengan kondisi keruntuhan ini bersifat getas; 3) Keruntuhan Seimbang (*balance*), jenis tulangan ini terjadi pada balok dengan rasio tulangan yang seimbang, sehingga pada saat beban yang bekerja maksimum, baja tulangan dan beton hancur secara bersamaan. Baja tulangan sudah mencapai regangan lelehnya dan beton sudah mencapai regangan maksimumnya = 0.003, Balok dengan kondisi keruntuhan ini bersifat getas.



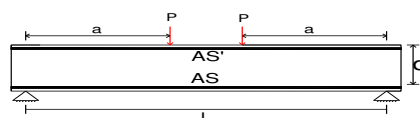
Gambar 1 Jenis-jenis keruntuhan penampang beton bertulang

Penjelasannya adalah sebagai berikut: a) Penampang balok bertulangan tunggal; b) Distribusi regangan ultimate pada keruntuhan *Under Reinforced*; c) Distribusi regangan ultimate pada keruntuhan *Over Reinforced*; d) Distribusi regangan ultimate pada keruntuhan *balance*. Secara garis besar, terdapat tiga jenis keretakan pada balok, yaitu: a) Retak lentur (*flexural crack*). Retakan ini terjadi hampir tegak lurus dengan pada daerah yang memiliki momen lentur yang besar; b) Retak geser lentur (*flexural shear crack*). Terjadi pada bagian balok yang sebelumnya telah terjadi keretakan lentur. Biasa dikatakan bahwa retak geser lentur adalah perambatan diagonal dari retak lentur yang terjadi sebelumnya; c) Retak Tarik diagonal (*web shear crack*). Retak Tarik diagonal terjadi pada garis netral. Hal ini terjadi saat gaya geser maksimum dan tegangan aksial yang terjadi sangat kecil

B. Metode Penelitian

Analisis numerik dilakukan dengan bantuan perangkat lunak komputer berbasis metode elemen hingga ATENA (Cervenka, 2011).

Variasi Model Numerik



Gambar 2 Penampang balok beton bertulang untuk pengujian

Tabel 1. Propertis Balok Beton Bertulang

No	beam	b (mm)	h (mm)	d (mm)	d' (mm)	a (mm)	L (mm)
1	Beam 1	350	700	615	55	1150	2800
2	Beam 2					1900	4050
3	Beam 3					3000	6500

Material

Propertis material yang digunakan dalam model numerik ditabulasi dalam Tabel 2 untuk material beton dan Tabel 3 untuk material baja tulangan. Besarnya nilai material propertis dalam studi ini diambil dari beberapa sumber referensi yaitu Cervenka (2011),

Non linieritas beton dimodelkan mengikuti permodelan konstitutif SBETA, sedangkan tulangan baja mengikuti model *Binilinear With Hardening* (Cervenka, 2011). yang digunakan dalam perangkat lunak ATENA.

Tabel 2. Propertis material beton

Propertis	Notasi	Satuan	Besar
Elastic Modulus	E_c	MPa	3.03E+04
Poisson's Ratio	ν	-	0.02
Tensile Strength	F_t	MPa	2.582
Compressive Strength	F_c	MPa	30

Tabel 3. Propertis material reinforced baja

Propertis	Notasi	Satuan	Besar
Elastic Modulus	E	MPa	2.00E+05
Regangan	ϵ_{lim}	-	0.05
Tegangan Yield	σ_y	MPa	500
Tegangan Ultimate	σ_t	MPa	630

C. Hasil dan Pembahasan

Kapasitas Geser Beton (V_c). Berdasarkan ACI 318M – 08. Nilai geser beton dihitung menggunakan persamaan:

$$V_c = 0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f_{c'}} \cdot b_w \cdot d$$

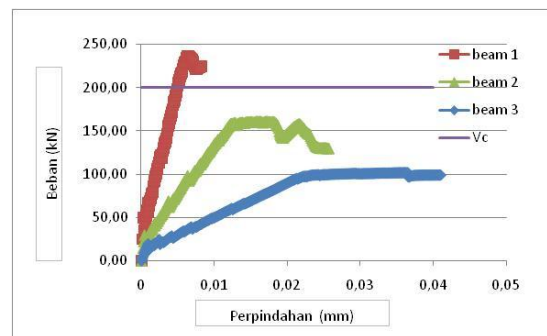
$$\lambda = \frac{f_{ct}}{0,56 \cdot \sqrt{f_{c'}}} \leq 1$$

$$f_{ct} = 0,56 \cdot \sqrt{f_{c'}}$$

Perhitungan Kapasitas Geser Beton

N o.	Beam ID	fc'	fct	□	Vc
		MPa			
1	Beam 1	30	3.1	1.0	200.43
2	Beam 2	30	3.1	1.0	200.43
3	Beam 3	30	3.1	1.0	200.43

Beban Vs Perpindahan

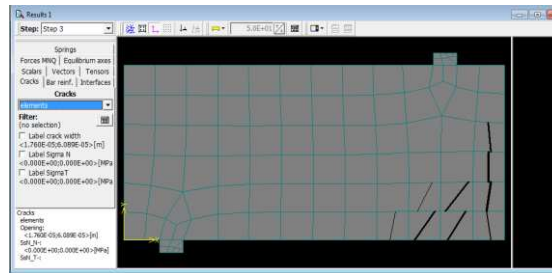


Gambar 3 Penampang balok beton bertulang untuk pengujian

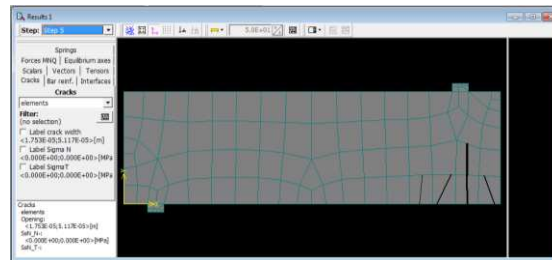
Berdasarkan permodelan numeric yang dilakukan diperoleh perbandingan panjang bentang geser dari masing-masing balok adalah *beam 1* (a/d 1,869), *beam 2* (a/d 3,089) dan *beam 3* (4,878). Perbedaan perbandingan panjang bentang geser dimaksudkan untuk dapat melihat perilaku balok untuk balok lentur ($2,5 < a/d < 5$) dan balok tinggi ($0 < a/d < 2,5$).

Gambar 3 memperlihatkan hubungan Beban Vs Perpindahan balok beton bertulang yang telah terbebani beban tekan. *Beam 1* memiliki kapasitas sebesar 235,60 kN, *Beam 2* 160,50 kN dan *Beam 3* 102,10 kN. Hasil ini membuktikan bahwa semakin kecil a/d maka balok akan semakin kaku, hal ini membuktikan bahwa jika $0 < a/d < 2,5$ maka balok merupakan balok tinggi yang nilai momen lenturnya akan semakin kecil dan kemampuan menahan beban yang menimbulkan momen lentur akan semakin besar, sedangkan balok dengan $2,5 < a/d < 5$ akan memiliki nilai momen lentur yang besar dan kemampuan menahan beban akan semakin kecil. Selain itu, Terlihat pada grafik bahwa V_c pada *Beam 1* jauh lebih rendah jika dibandingkan dengan lelehnya. Sedangkan untuk *Beam 2* dan *Beam 3* terlihat bahwa V_c lebih tinggi dibandingkan lelehnya. Hal ini membuktikan bahwa semakin kecil perbandingan panjang bentang geser dan kedalaman efektif (a/d) maka tegangan geser yang bekerja akan semakin besar.

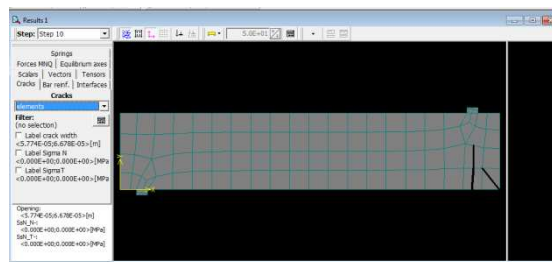
Retak Pertama. Analisis numerik dilakukan pada masing-masing balok beton bertulang, menggunakan *software* ATENA. Untuk melihat perbedaan perilaku kerusakan pada masing-masing balok dilakukan peninjauan pola retak pada saat pertama terjadi kerusakan. Tergambar dalam gambar 4, 5 dan 6.



Gambar 4 Retak Pertama Beam 1



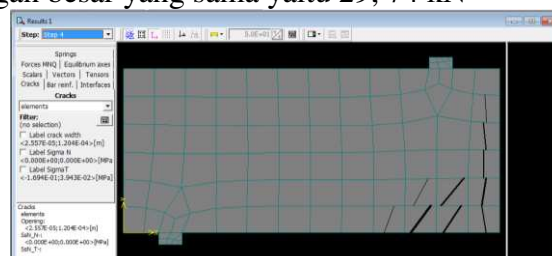
Gambar 5 Retak Pertama Beam 2



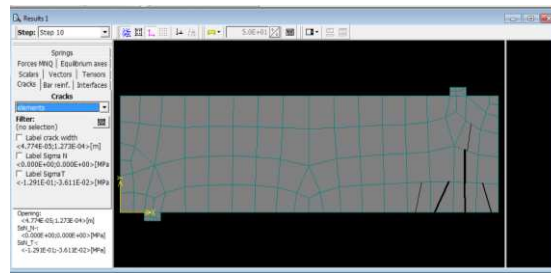
Gambar 6 Retak Pertama Beam 3

Dari gambar 4, 5 dan 6 terlihat bahwa perbandingan panjang bentang geser (a/d) mempengaruhi pola kerusakan. Pada *Beam 1* yang tergolong balok tinggi retak bersifat diagonal (retak geser) sedangkan pada *beam 2* dan *3* terjadi pola retak hampir tegak lurus dengan pada daerah yang memiliki momen lentur yang besar.

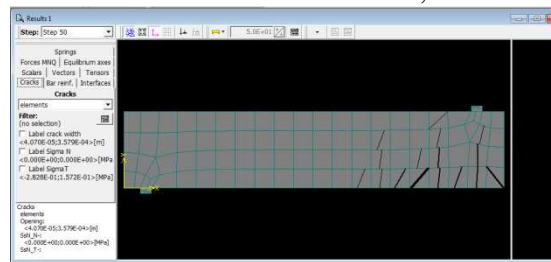
Retak Saat Beban 29,74 kN. Untuk memperkuat hasil analisis bahwa pola kerusan pada balok beton bertulang dipengaruhi oleh jenis balok (balok lentur atau balok tinggi) maka dilakukan peninjauan pola retak pada saat masing-masing balok menerima beban dengan besar yang sama yaitu 29,74 kN



Gambar 7 Retak saat Beban 29,74 Beam 1



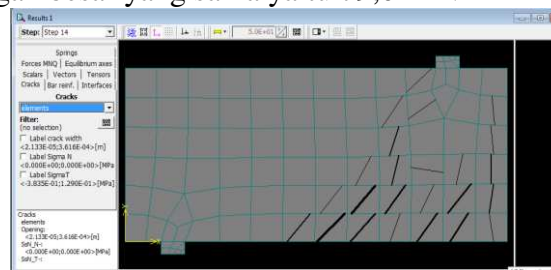
Gambar 8 Retak saat Beban 29,74 Beam 2



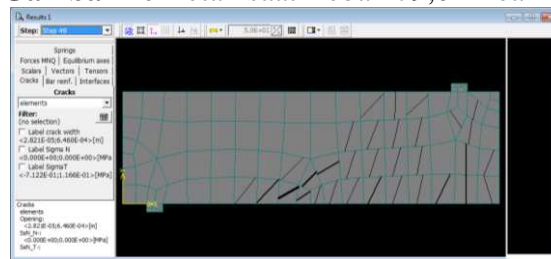
Gambar 9 Retak saat Beban 29,74 Beam 3

Berdasarkan hasil analisis numeric diperoleh pola retak seperti terlihat pada gambar 7,8 dan 9. Terlihat bahwa pada *Beam 2* dan *3* pola retak mayoritas berbentuk lurus. Hal ini membuktikan bahwa yang terjadi adalah adanya retak lentur (*flexural crack*)

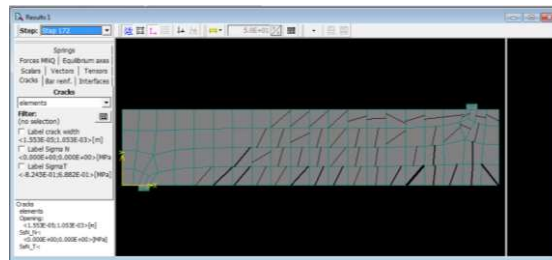
Retak Saat Beban 79,01 kN. Untuk memperkuat hasil analisis bahwa pola kerusan pada balok beton bertulang dipengaruhi oleh jenis balok (balok lentur atau balok tinggi) maka dilakukan peninjauan pola retak pada saat masing-masing balok menerima beban dengan besar yang sama yaitu 79,01 kN



Gambar 10 Retak saat Beban 79,01 Beam 1



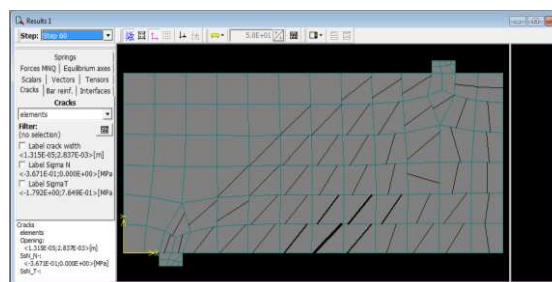
Gambar 11 Retak saat Beban 79,01 Beam 2



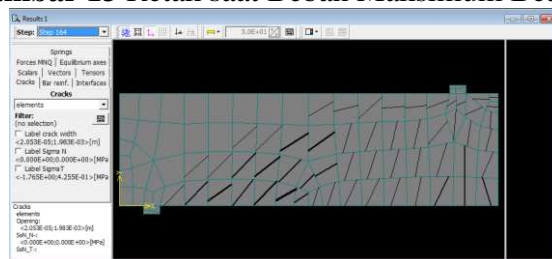
Gambar 12 Retak saat Beban 79,01 Beam 3

Berdasarkan hasil analisis numeric diperoleh pola retak seperti terlihat pada gambar 10, 11 dan 12 bahwa *beam 3* telah mengalami *crushing* pada serat atas nya. Sedangkan *beam 1* mayoritas mengalami retak diagonal (retak geser). Hal ini menunjukkan bahwa jika balok memiliki $0 < a/d < 2.5$ maka balok merupakan balok tinggi yang nilai momen lenturnya akan semakin kecil dan kemampuan menahan beban yang menimbulkan momen lentur akan semakin besar.

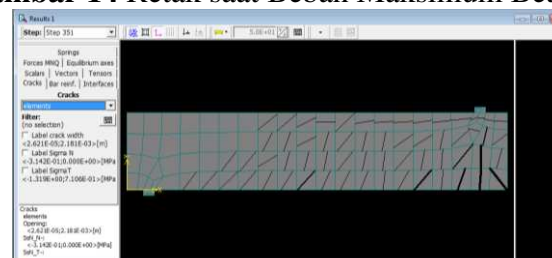
Retak Saat Beban Maksimum. Analisis numerik selanjutnya meninjau pola retak yang terjadi pada masing-masing sampel saat mengalami beban maksimum. Beban maksimum pada *Beam 1* adalah 235,60 kN, *Beam 2* 160,50 kN dan *Beam 3* 102,10 kN.



Gambar 13 Retak saat Beban Maksimum Beam 1



Gambar 14 Retak saat Beban Maksimum Beam 1



Gambar 15 Retak saat Beban Maksimum Beam 1

Pada saat beban maksimum yang diberikan pada balok 1 terlihat pada gambar 13. Hasil menunjukkan bahwa keruntuhan yang terjadi merupakan keruntuhan geser. Sesuai dengan hasil perhitungan bahwa pada *Beam 1* Kapasitas geser (V_c) telah terjadi

terlebih dahulu. Sedangkan pada *Beam* 2 dan 3 yang terjadi adalah keruntuhan lentur. Dari gambar terlihat semakin besar a/d maka retak maksimal terjadi pada wilayah lentur. Sebaliknya jika $a/d \leq 2,5$ retak maksimal berbentuk diagonal terjadi pada wilayah geser.

D. Penutup

Berdasarkan hasil dari analisa numerik diketahui bahwa: 1) Panjang bentang geser (a/d) mempengaruhi kapasitas balok beton bertulang. *beam* 1 (a/d 1,869) memiliki kapasitas beban sebesar 234,60 kN, *beam* 2 (a/d 3,089) sebesar 160,50 kN dan *beam* 3 (4,878) sebesar 102,10 kN. Semakin kecil a/d maka balok merupakan balok tinggi yang nilai momen lenturnya akan semakin kecil dan kemampuan menahan beban yang menimbulkan momen lentur akan semakin besar; 2) Analisis diperoleh hasil pola retak jika $a/d \leq 2,5$ retak berbentuk diagonal terjadi pada wilayah geser. Dan sebaliknya $2,5 < a/d < 5$ akan memiliki nilai momen lentur yang besar dan kemampuan menahan beban akan semakin kecil. Pola keretakan berbentuk garis lurus pada wilayah lentur,

Daftar Pustaka

- American Concrete Institute 318M-08. "Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary" ACI Committee 318. 2008.
- Baja Tulangan Beton (SII 0136-84)
- Cervenka, V. Jendele, L. and Cervenka, J. "ATENA Program Documentation Part 1, Theory" Prague, February 23. 2011.
- Jack, C. Cormac, MC. "Desain Beton Bertulang". Erlangga, Jakarta. 2004.
- Jensen, A, Chenoweth, H. "Kekuatan Bahan Terapan". Erlangga, Jakarta. 1991
- Larralde, J. and Rodriguez. Silva. "Bond and Slip of FRP Rebars in Concrete". Journal of Materials in Civil Engineering, Vol. 5, No.1. February, 1993
- Morita, S. and Fujii, S. (1982), "Bond Capacity of Deformed Bars Due to Splitting of Surrounding Concrete", Bond in Concrete, edited by Bartos. P., Applied Science Publisher, pp. 331-341.
- Paulay, T and R. Park. "Reinforced Concrete Structure". John Wiley & Sons. Inc. United States of America. 1975